

MODEL HUBUNGAN VOLUME, KECEPATAN DAN KEPADATAN JALAN PERKOTAAN

Ida Bagus Wirahaji¹, I Putu Laintarawan², I Wayan Artana³

^{1, 2, 3} Dosen Program Studi Teknik Sipil FT Universitas Hindu Indonesia
email: wirahaji@unhi.ac.id, laintarawan@unhi.ac.id, artana@unhi.ac.id

ABSTRAK

Permasalahan lalu lintas di perkotaan disebabkan oleh ketidak-seimbangan antara peningkatan kuantitas pergerakan penduduk dengan peningkatan kapasitas jalan. ketidakseimbangan ini mengganggu kinerja lalu lintas pada ruas jalan, dengan karakteristik lalu lintas terdiri 3 (tiga) parameter yaitu kecepatan (S), kepadatan (D) dan volume (V). Tujuan dari penelitian ini untuk mencari model hubungan ketiga parameter tersebut pada ruas jalan perkotaan Kota Denpasar, yaitu di Jalan Diponegoro, pada segmen Simpang Kimia Farma-Simpang Suci. Survei data meliputi volume (V) dan kecepatan lalu lintas (S) dengan *manual count*, sedang analisis menggunakan metode Greenshield, Greenberg, dan Underwood. Hasil analisis menunjukkan dengan metode Greenshield diperoleh nilai $r^2 = 0,672$; Greenberg $r^2 = 0,689$; dan Underwood $r^2 = 0,668$. Dengan demikian Metode Greenberg memberi nilai determinan (r^2) terbesar, dengan model $V = 34,527.S.exp(-S/1,502)$; $V = 1,502.D.Ln(34,527/D)$; dan $S=1,502.ln(34,527/D)$.

Kata kunci: model hubungan, Volume, Kecepatan, Kepadatan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Permasalahan lalu lintas di perkotaan terutama disebabkan oleh tingginya tingkat kepemilikan dan penggunaan kendaraan pribadi. Daerah perkotaan menawarkan berbagai lapangan pekerjaan yang menyebabkan terjadinya urbanisasi pencari kerja, sehingga pertambahan penduduk menjadi semakin pesat. Peningkatan jumlah penduduk ini secara otomatis meningkatkan pergerakan atau mobilitas masyarakat pada ruas-ruas jalan, sementara kapasitas ruas jalan sangat sulit untuk ditingkatkan di perkotaan. Ketidakseimbangan antara peningkatan kuantitas pergerakan dengan peningkatan kapasitas jalan menyebabkan terjadinya permasalahan lalu lintas (Sulaeman dkk, 2015).

Konsep pergerakan arus lalu lintas ini akan menjelaskan mengenai kualitas dan kuantitas arus lalu lintas. Karakteristik lalu lintas terjadi karena adanya interaksi antara pengendara dan kendaraan dengan jalan dan lingkungannya. Arus lalu lintas pada suatu ruas jalan karakteristiknya akan bervariasi berdasarkan lokasi, waktunya,

dan perilaku pengemudi (Mashuri, 2006). Arus lalu lintas merupakan gabungan dari beberapa kendaraan dan pejalan kaki bergerak mengikuti lintasan yang sama. Parameter arus ditentukan oleh kemampuan pengemudi dan pejalan kaki, untuk mengantisipasi pengguna jalan lainnya, karakteristik kendaraan, geometrik jalan termasuk kondisi permukaan jalan (Yuniar dan Hendriyani, 2010).

Kota Denpasar merupakan ibukota Provinsi Bali mempunyai beragam kegiatan, seperti pariwisata, perkantoran, pendidikan, upacara adat dan komersil. Semua jenis kegiatan tersebut memerlukan prasarana jalan untuk memfasilitasi pergerakan atau perjalanan masyarakat dari tempat asal ke tempat tujuan. Menurut Yulfriwini (2018), setiap aktivitas pergerakan di jalan raya selalu didasarkan pada pertimbangan waktu, kecepatan, dan kenyamanan. Aksesibilitas jalan memegang peranan penting demi tercapai target waktu perjalanan yang sudah diprediksi ketika memulai suatu perjalanan.

Kinerja lalu lintas pada ruas jalan dipengaruhi oleh 3 (tiga) parameter karakteristik lalu lintas yaitu kecepatan, kepadatan dan volume (Lubis dkk, 2016). Untuk mengetahui hubungan matematis antara ketiga parameter tersebut, maka perlu dilakukan analisis pemodelan hubungan parameter tersebut. Pada studi ini digunakan tiga metode analisis, yaitu Model Greenshields, Greenberg, dan Underwood. Ruas jalan yang dijadikan objek penelitian adalah Jalan Diponegoro, sebagai salah satu ruas jalan kolektor primer perkotaan Kota Denpasar. Segmen yang diteliti adalah simpang Kimia Farma-Simpang Suci. Ruas jalan ini, yang khusus satu arah ini yaitu Pesanggaran-Denpasar, melayani beban arus lalu lintas menuju pusat Kota Denpasar. Ruas Jalan ini tergolong kategori 2 lajur tak terbagi (2UD)

TINJAUAN PUSTAKA

Volume (Flow)

Volume (*flow*) didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tinjau tertentu pada suatu ruas jalan per satuan waktu tertentu (kendaraan/jam) (Tamin, 2008). Berdasarkan penyesuaian kendaraan terhadap satuan mobil penumpang (smp), volume lalu lintas dapat dihitung dengan Persamaan 1.

$$q = \frac{n}{t} \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- q = volume lalu lintas (smp/jam)
- n = jumlah kendaraan yang lewat selama waktu pengamatan (smp)
- t = interval waktu

Kecepatan (speed)

Menurut Morlok (1991), kecepatan lalu lintas didefinisikan sebagai perbandingan antara jarak yang ditempuh dengan waktu yang diperlukan untuk menempuh jalan tersebut, yang rumuskan pada Persamaan 2.

$$u = \frac{\sum_{i=1}^n Si}{\sum_{i=1}^n mi} \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

- u = kecepatan rata-rata (m/det)
- Si = jarak yang ditempuh kendaraan i di atas jalan (m)
- mi = waktu yang digunakan kendaraan i di atas jalan (m/det)
- n = jumlah kendaraan yang diamati

Kepadatan (Density)

Menurut Morlok (1991), kepadatan lalu lintas adalah kendaraan yang lewat pada suatu bagian tertentu dari sebuah jalur jalan dalam satu atau dua arah selama jangka waktu tertentu, keadaan jalan serta lalu lintas tertentu pula. Untuk menghitung kepadatan lalu lintas digunakan Persamaan 3.

$$k = \frac{q}{u} \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

- k = kepadatan lalu lintas (smp/km)
- q = volume lalu lintas (smp/jam)
- u = kecepatan rata-rata lalu lintas (km/jam)

Model-Model Makroskopis Arus Lalu Lintas

1. Model Greenshields

Model ini adalah model paling awal yang tercatat dalam usaha mengamati karakteristik arus lalu lintas di jalan raya. Greenshields mendapatkan hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan bersifat linear (Mashuri, 2006). Model ini dapat dijabarkan dalam Persamaan 4.

$$S_s = S_f - (S_f / D_j) \cdot D \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

- S_s = kecepatan rata-rata ruang (km/jam)
- S_f = kecepatan pada kondisi arus bebas (km/jam)
- D_j = Kepadatan pada kondisi jam (ssmp/km)
- D = Kepadatan (smp/km)

Memperhatikan Persamaan 4, pada dasarnya merupakan suatu persamaan linear, $y = a+bx$, dimana diasumsikan bahwa S_f merupakan konstanta a , dan $(S_f/D_j) = b$, sedangkan S_s dan D masing-masing merupakan variabel y dan x . Kedua konstanta tersebut dapat dinyatakan sebagai kecepatan bebas (*free flow speed*), dimana pengendara dapat memacu kecepatan sesuai dengan keinginan dan puncak kepadatan, dimana kendaraan tidak dapat bergerak sama sekali.

Hubungan antara volume dan kepadatan didapat dengan mengubah Persamaan 4 menjadi $S_s = V/D$ yang kemudian disubstitusikan pada Persamaan 4, sehingga diperoleh Persamaan 5. Persamaan 5 adalah persamaan parabolik, $V = f(D)$ (Julianto, 2010).

$$V = S_f D - (S_f/D_j) \cdot D^2 \dots\dots\dots (5)$$

Selanjutnya diperoleh Persamaan 6, yang juga merupakan persamaan parabolik, $V = f(S_s)$.

$$V = D_j \cdot S_s - (D_j / S_f) \cdot S_s^2 \dots\dots\dots (6)$$

2. Model Greenberg

Model Greenberg memperlihatkan *Goodness-of Fit* (tingkat ketepatan) yang lebih baik daripada model Greenshields, meskipun model ini melanggar kondisi-kondisi batas karena kepadatan nol hanya akan tercapai ketika nilai kecepatan tak berhingga (Khisty dan Lall, 2005).

$$S_s = S_m \cdot \ln(D_j / D) \dots\dots\dots (7)$$

$$S_s = S_m \cdot \ln D_j - S_m \cdot \ln D \dots\dots\dots (8)$$

Memperhatikan Persamaan 8 pada dasarnya merupakan suatu persamaan linear: $y = a+bx$, dimana $S_m \cdot \ln D_j = a$, dan $-S_m = b$, sedangkan S_s dan $\ln D$ masing-masing merupakan variabel y dan x (Julianto, 2010).

Hubungan volume dan kepadatan didapat dengan mengubah

Persamaan 7 menjadi $S_s = V/D$ yang kemudian disubstitusikan pada Persamaan 8, sehingga diperoleh Persamaan 9 (Julianto, 2010).

$$V = S_m \cdot D \cdot \ln(D_j/D) \dots\dots\dots(9)$$

Hubungan volume dan kecepatan didapat dengan mengubah Persamaan 7 menjadi $D = (V/S_s)$, yang kemudian disubstitusikan pada Persamaan 9, maka diperoleh Persamaan 10 (Julianto, 2010):

$$V = S_s \cdot D_j \cdot \exp(-S_s/S_m) \dots\dots\dots(10)$$

3. Model Underwood

Underwood mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan (S-D) bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi eksponensial (Tamin, 2008). Bentuk persamaannya adalah Persamaan 11. Untuk mendapatkan konstanta S_f dan D_m , Persamaan 11 diubah menjadi persamaan linear, $y = a+bx$, menjadi Persamaan 12. Dimana, dianggap bahwa: $\ln S_f = a$; $(-/D_m) = b$; sedangkan $\ln S_s$ dan D masing-masing merupakan variabel y dan x (Julianto, 2010).

$$S_s = S_f \cdot \exp(-D/D_m) \dots\dots\dots (11)$$

$$\ln S_s = \ln S_f - (-D/D_m) \dots\dots\dots (12)$$

Hubungan volume dan kepadatan dirumuskan dalam Persamaan 13 (Julianto, 2010).

$$V = S_f \cdot D \cdot \exp(-D/D_m) \dots\dots\dots (13)$$

Hubungan volume dan kecepatan dirumuskan dalam Persamaan 14 (Julianto, 2010).

$$V = S_f \cdot D_m \cdot \exp(S_f/S_s) \dots\dots\dots(14)$$

Model Regresi

Model arus lalu lintas yang umum untuk menentukan karakteristik spesifik seperti kecepatan dan kepadatan adalah analisis regresi. Metode ini

dilakukan dengan meminimalkan total nilai perbedaan kuadratis secara observasi dan nilai perkiraan dari variabel tidak bebas. Bila variabel tidak bebas linear terhadap variabel bebas, maka hubungan dari kedua variabel itu dikenal dengan analisis regresi linear. Bila hubungannya lebih dari dua variabel bebas tersebut sebagai analisis linear berganda. Bila variabel tidak bebas (Y) dan variabel bebas (X) mempunyai hubungan linear, maka fungsi regresi adalah seperti pada Persamaan 15 (Tamin, 2008):

$$y = a + bx \dots \dots \dots (15)$$

Konstanta a dan b dapat dicari dengan persamaan-persamaan di bawah ini:

$$a = \frac{(\sum Y_i) \cdot (\sum X_i^2) - (\sum X_i) \cdot (\sum X_i \cdot Y_i)}{N \cdot (\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \dots \dots (16)$$

$$b = \frac{N \cdot (\sum X_i \cdot Y_i) - (\sum X_i) \cdot (\sum Y_i)}{N \cdot (\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} \dots \dots \dots (17)$$

dimana:

N = jumlah data yang diperoleh

X_i = observasi ke i untuk x
Y_i = observasi ke i untuk y

Pengukuran untuk mengetahui sejauh mana ketepatan fungsi regresi adalah dengan melihat nilai koefisien korelasi (R). jika R semakin mendekati 1, maka persamaan regresi semakin baik (Tamin, 2008).

Analisa Korelasi

Pengukuran untuk mengetahui sejauh mana ketepatan fungsi regresi adalah dengan melihat nilai koefisien determinasi (R²) yang didapat dengan mengkuadratkan nilai koefisien relasi (R), yang dapat diperoleh dengan Persamaan 18 (Tamin, 2008).

$$r = \frac{n \sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x_i)^2] [n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \dots \dots \dots (18)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil survey arus lalu lintas pada ruas jalan diperoleh data-data seperti ditunjukkan pada Tabel 1:

Tabel 1 Hasil survey volume, kecepatan dan perhitungan elemen regresi

No	Periode	V	S	D	Y ^P	X ^P	Xi = ln D	Xi.Yi	X ^P	Yi = ln S	Y ^P	Xi.Yi
		(smp/jam)	(km/jam)	(smp/km)	(Yi=S)	(Xi=D)						
		a	b	c = a/b	d = b ²	e = c ²	f = ln e	g = f.b	h = f ²	i = ln b	j = P	k = c.i
1	06.30-06.45	905,20	30,50	29,68	880,82	880,82	6,78	206,82	45,98	3,42	11,68	101,43
2	06.45-07.00	1.114,40	30,12	37,00	1.368,90	1.368,90	7,22	217,52	52,15	3,41	11,60	125,99
3	07.00-07.15	1.354,60	29,52	45,89	2.105,67	2.105,67	7,65	225,90	58,56	3,39	11,46	155,33
4	07.15-07.30	1.447,30	29,10	49,74	2.473,61	2.473,61	7,81	227,37	61,05	3,37	11,36	167,64
5	07.30-07.45	1.684,10	29,22	57,64	3.321,81	3.321,81	8,11	236,92	65,74	3,37	11,39	194,51
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
46	17.45-18.00	2.408,60	26,48	90,96	8.273,58	8.273,58	9,02	238,87	81,38	3,28	10,73	298,02
47	18.00-18.15	2.580,50	27,15	95,05	9.033,75	9.033,75	9,11	247,30	82,97	3,30	10,90	313,78
48	18.15-18.00	2.570,90	27,28	94,24	8.881,40	8.881,40	9,09	248,02	82,66	3,31	10,93	311,58
49	18.30-18.45	2.281,10	28,34	80,49	6.478,72	6.478,72	8,78	248,72	77,02	3,34	11,18	269,18
50	18.45-19.00	2.045,60	28,55	71,65	5.133,68	5.133,68	8,54	243,92	72,99	3,35	11,23	240,15
Σ		86.839,40	1.424,68	3.075,68	40.650,33	205.133,53	407,55	11.584,99	3.339,86	167,45	560,83	10.272,24

Metode Greenshields

Hubungan Kecepatan-Kepadatan

Untuk menentukan nilai konstanta a dan nilai koefisien regresi b digunakan Persamaan 17-18:

$$b = \frac{N \cdot (\sum X_i \cdot Y_i) - (\sum X_i) \cdot (\sum Y_i)}{N \cdot (\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} = \frac{(50 \times 8.839,40) - (3.075,68 \times 1.424,63)}{50 \times (205.133,53) - (3.075,68)^2} = -0,049$$

$$a = y_i - b \cdot x_i = \frac{\sum y_i}{n} - b \cdot \frac{\sum x_i}{n} = \frac{28,49}{50} - (-0,049) \times \frac{1961,5151,40}{50} = 31,559$$

$$\begin{aligned}
 S_f &= a = 31,559 \text{ km/jam} \\
 D_j &= S_f/b = 31,559/0,049 = 644,06 \text{ smp/jam} \\
 S &= S_f - \left(\frac{S_f}{D_j}\right) \cdot D = 31,559 - 0,049 \cdot D \dots\dots\dots (19)
 \end{aligned}$$

Koefisien determinasi (r^2):

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{n \sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] \{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}} \\
 r &= \frac{(50 \times 86.839,40) - (3.075,68 \times 1.424,63)}{\sqrt{[50 \times 205.133,53 - (3.075,68)^2] \{50 \times 40.650,33 - (1.424,63)^2\}}} ; r^2 = 0,672
 \end{aligned}$$

Dari koef. Determinasi yang dihasilkan dari Model Greenshields disimpulkan bahwa nilai r^2 mendekati +1, maka proses regresi yang dihasilkan adalah baik. Berarti korelasi linearnya cukup erat.

Hubungan Volume – Kecepatan

Hubungan volume dan kecepatan merupakan fungsi parabolik dengan bentuk persamaan sebagai berikut:

$$V = D_j \cdot S - \frac{D_j}{S_{ff}} \cdot S^2 = 644,06 \cdot S - 6,41 \cdot S^2 \dots\dots\dots (20)$$

Hubungan Volume – Kepadatan

Hubungan volume dan kepadatan juga merupakan fungsi parabolik dengan bentuk persamaan sebagai berikut:

$$V = D \cdot S_f - \frac{S_f}{D_j} \cdot D^2 = D \cdot 31,559 - 20,408 \cdot D^2 \dots\dots\dots (21)$$

Metode Greenberg

Hubungan Kecepatan – Kepadatan

Berdasarkan persamaan regresi di bawah ini diperoleh:

$$a = \frac{(\sum Y_i) \cdot (\sum X_i^2) - (\sum X_i) \cdot (\sum X_i \cdot Y_i)}{N \cdot (\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} = \frac{(1.424,63 \times 3.339,86) - (407,55 \times 1.584,99)}{50 \times 3.339,86 - 407,55^2} = 40,737$$

$$b = \frac{N \cdot (\sum X_i \cdot Y_i) - (\sum X_i) \cdot (\sum Y_i)}{N \cdot (\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} = \frac{(50 \times 1.584,99) - (407,55 \times 1.424,63)}{50 \cdot (3.339,86) - (407,55)^2} = -1,502$$

Jadi $a = S_f = 40,737$; $S_m = -b = 1,502$; $D_j = \exp(a/S_m) = 34,527$.

Maka persamaan logaritmik yang didapat:

$$S = 1,502 \times \ln\left(\frac{34,527}{D}\right) \dots\dots\dots (22)$$

Koefisien Determinasi (r^2):

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{n \sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] \{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}} = \frac{(50 \times 11.584,99) - (407,55 \times 1.424,63)}{\sqrt{[50 \times 3.339,86 - (407,55)^2] \{50 \times 40.650,33 - (1.424,63)^2\}}} ; \\
 r^2 &= 0,689
 \end{aligned}$$

Koefisien deternnasi yang diperoleh dari Metode Greenberg disimpulkan

bahwa nilai r^2 mendekati +1, maka proses regresi yang dihasilkan adalah

baik, berarti korelasi linearnya cukup erat.
Hubungan Volume – Kecepatan

Hubungan volume dan kecepatan pada Model Greenberg menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V = S \cdot D_j \cdot \exp\left(\frac{-S}{S_M}\right); 34,567 \cdot S \exp(-S/1,502) \dots \dots \dots (23)$$

Hubungan Volume – Kepadatan
Hubungan Volume dan kepadatan berlaku persamaan berikut:

$$V = S_m D \cdot \ln\left(\frac{D_j}{D}\right) = V = 1,502 \cdot \ln\left(\frac{34,527}{D}\right) \dots \dots \dots (24)$$

Metode Underwood

Hubungan Kecepatan – Kepadatan
Dari persamaan regresi berikut, diperoleh:

$$a = \frac{(\sum Y_i) \cdot (\sum X_i^2) - (\sum X_i) \cdot (\sum X_i \cdot Y_i)}{N \cdot (\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}$$

$$a = \frac{(167,45 \times 205,133,53) - (3,075,68 \times 10.272,24)}{50 \times (205,133,530,83) - (3,075,68)^2} = 3,457$$

$$b = \frac{N \cdot (\sum X_i \cdot Y_i) - (\sum X_i) \cdot (\sum Y_i)}{N \cdot (\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2} = \frac{(50 \times 10.272,24) - (3,075,68 \times 167,45)}{50 \times (205,133,53) - (3,075,68)^2} = 0,002$$

Jadi: a = 3,457; b = -0,002; S_f = exp(3,457) = 31,71; D_m = -1/b = 570,61
Maka persamaan eksponensialnya diperoleh:

$$S = S_f \cdot \exp(-D/D_m) = 31,71 \times \exp(-D/570,61) \dots \dots \dots (25)$$

Koefisien Determinasi (r²):

$$r = \frac{n \sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2] [n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{(50 \times 4.10.272,24) - (3,075,68 \times 167,45)}{\sqrt{[50 \times 205,133,53 - (3,075,68)^2] [50 \times 560,83 - 167,45^2]}} ; r^2 = 0,668$$

Koefisien Determinasi yang diperoleh dari Underwood disimpulkan bahwa nilai r² mendekati +1, maka proses regresi yang dihasilkan adalah baik, berarti korelasi linearnya cukup kuat

Hubungan Volume – Kecepatan
Pada hubungan volume dan kecepatan model Underwood ini berlaku persamaan sebagai berikut:

$$V = S \cdot D_m \cdot \ln(S_f/S); V = 570,61 \cdot S \cdot \ln(31,71/S) \dots \dots \dots (26)$$

Hubungan Volume – Kepadatan
hubungan volume dan kecepatan metode Underwood ini berlaku persamaan sebagai berikut:

$$V = S_f \cdot D \cdot \exp(-D/D_m) = V = 31,71 \cdot D \cdot \exp(-D/570,61) \dots \dots \dots (27)$$

Tabel 2 memperlihatkan model-model hubungan kecepatan dan kepadatan dari ketiga metode.

Tabel 2 Metode dan model hubungan kecepatan-kepadatan

Metode Greenshields Greenberg Underwood	Model Hubungan Kecepatan-Kepadatan $S=31,559-0,049.D$ $S=1,502.\ln(34,527/D)$ $S = 31,71 \times \exp(-D/570,61)$
Greenshields Greenberg Underwood	Model Hubungan Volume-Kecepatan $V=644,06.S-6,41.S^2$ $V=34,527.S.\exp(-S/1,502)$ $V = 570,61.S. \ln(31,71/S)$
Greenshields Greenberg Underwood	Model Hubungan Volume-Kepadatan $V = 31,559.D - 20,408.D^2$ $V = 1,502.Ln(34,527/D)$ $V = 31,71.D. \exp(-D/570,61)$

Sumber: Hasil Analisis (2022)

PENUTUP

Simpulan

Dari pembahasan di atas, ada beberapa hal yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Metode Greenberg memiliki nilai koef determinasi (r^2) terbesar, yaitu 0,689, bila dibandingkan dengan Metode Greenshields (r^2) = 0,672, dan Underwood (r^2) = 0,668. Hal ini menandakan bahwa pada Metode Greenberg kontribusi pengaruh variabel bebas paling besar terhadap variabel terikat.
2. Dari persamaan hubungan volume-kecepatan, dapat dinyatakan bahwa apabila volume lalu lintas makin meningkat maka kecepatan rata-rata akan menurun sampai kepadatan kritis (volume maksimum) tercapai.
3. Dari persamaan hubungan kecepatan-kepadatan, dapat dinyatakan bahwa kecepatan akan berkurang apabila kepadatan bertambah.
4. Dari persamaan hubungan volume-kepadatan, dapat dinyatakan bahwa volume maksimum terjadi saat kepadatan mencapai titik dimana kapasitas jalur tercapai. Setelah itu, volume menurun meskipun kepadatan bertambah.

DAFTAR PUSTAKA

- Julianto, EN. 2010. *Hubungan Antara Kecepatan, Volme dan Kepadatan Lalu Lintas Ruas Jalan Siliwangi Semarang*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Khisty, CJ dan B. Kent Lall. 2005. *Dasar-Dasar Rekayasa Transportasi*. Jilid 1. Editor: Hilarius Wibi Hardani. Alih Bahasa: Julian Gressando. Jakarta: Erlangga.
- Lubis, AS., Muis, ZA., dan Nasution, T. 2016. *Pemodelan Hubungan Parameter Karakteristik Lalu Lintas pad Jalan Tol Belmera*. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, 22(2), 151-160.
- Mashuri. 2006. *Model Hubungan Kecepatan-Volume-Kepadatan Arus Lalu Lintas Pda Ruas Jalan Arteri di Kota Palu*. *Majalah Ilmiah Teknik. Palu: Fakultas Teknik, Universitas Tadulako*.
- Morlok, EK. 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. Editor: Yani Sinapiar. Alih Bahasa: Johan Kelanaputra Hainim. Jakarta: Erlangga.
- Sulaeman, U., Rulhendri., dan Syaiful. 2015. *Kajian Tentang Hubungan Kecepatan, Volume dan Kepadatan Menggunakan Metode Bell (Studi Kasus: Jalan Pejajaran, Sukasari-Baranang*

- Siang). *Jurnal Aspal Beton Baja Hidro*, 4(1), 36-47.
- Tamin, OZ. 2008. *Perencanaan, Pemodelan, & Rekayasa Transportasi*. Bandung: ITB.
- Yuniar dan Hendriyani. 2010. *Studi Pemodelan Arus Lalu Lintas dengan Metode Greenshields dan Greenberg*. Banjarmasin: Universitas Achmad Yani.
- Yulfriwini. 2018. *Analisis Karakteristik Lalu Lintas Kendaraan Jalan Sutan Agung Kota Bandar Lampung*. Penelitian Mandiri. Bandar Lampung: Universitas Banda Lampung.